



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 50 329 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 29 C 44/34**  
B 29 C 45/00  
C 08 J 9/12  
B 29 C 44/42

⑲ Aktenzeichen: 101 50 329.6  
⑳ Anmeldetag: 15. 10. 2001  
㉑ Offenlegungstag: 8. 5. 2003

**DE 101 50 329 A 1**

㉒ **Anmelder:**

Peguform GmbH & Co. KG i.Ins., 79268 Bötzingen,  
DE

㉓ **Erfinder:**

Schlummer, Christian, 79102 Freiburg, DE

⑤⑤ **Entgegenhaltungen:**

DE 12 96 372 B  
DE 198 53 021 A1  
DE 25 04 702 A1  
US 51 58 986 A  
WO 98 31 521 A2

JP 05286048 A. In: Patent Abstracts of Japan  
(CD-ROM);

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung geschäumter Kunststoff-Formteile im Spritzgießprozess unter Verwendung komprimierter physikalischer Treibfluide**

⑤⑦ Die Herstellung von geschäumten Kunststoffformteilen mit Hilfe physikalischer Treibmittel erfordert die Diffusion und Sorption eines Treibfluides in der thermoplastischen Schmelze. Diese Vorgänge werden durch intensive Mischvorgänge erreicht. Darum wird ein statischer Mischer in einen porösen Zylinder eingebracht, durch dessen Oberfläche das Treibfluid mit der Schmelze in Kontakt gebracht wird. Die Mischelemente im Innern sorgen für eine Umlagerung des Schmelzestromes und somit zu einer Durchmischung und Verkürzung der Diffusionswege. Das modular aufgebaute Mischelement ermöglicht somit gleichzeitig den Massentransport sowie eine intensive Durchmischung des 2-Phasen-Gemischs. Es wird auf einer konventionellen Spritzgußmaschine adaptiert.

**DE 101 50 329 A 1**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung physikalisch geschäumter Kunststoff-Formteile im Spritzgießprozess unter Verwendung einer konventionellen Spritzgießmaschine.

[0002] Das komprimierte Treibfluid wird über ein statisches Mischelement, welches zwischen Plastifizieraggregat und Verschlussdüse montiert wird, mit der Schmelze in Kontakt gebracht. Eine poröse Sintermetall-Fläche, welche die Mischelemente umschließt, dient dabei als Kontaktelement zwischen Treibmittel und Polymerschmelze. Konzentrations- und Druckunterschiede bewirken über Diffusions- und Sorptionsvorgänge eine Aufnahme des Treibmittels in der Schmelze. Die Homogenisierung des Polymer/Treibmittelgemisches geschieht dabei während des Einspritzvorgangs durch die den Schmelzekanal unterbrechenden Stege des statischen Mischelements. Die Umlagerungen, Aufteilungen und Dehnungen der Schmelze innerhalb des Mixers begünstigen dabei die Diffusionsvorgänge. Die Aufnahme des Treibfluides in die Schmelze wird dadurch nachhaltig begünstigt.

## Stand der Technik

[0003] Das Schaumspritzgießen thermoplastischer Materialien stellt ein Sonderverfahren der Spritzgießtechnik dar. Günstige materialspezifische Eigenschaften sind neben wirtschaftlichen Gesichtspunkten die Hauptvorteile von Strukturschaum-Formteilen im Vergleich zu kompakten Bauteilen. So weisen Strukturformteile eine im Vergleich zu kompakten Formteilen höhere spezifische Steifigkeit durch Verlagerung der Flächenträgheitsmomente in die Randschichten des Bauteils auf. Verzugsarmut, verminderte innere Spannungen und geringe Einfallstellen erlauben eine weitgehend problemlose Herstellung von Formteilen mit Rippen, Bauteilen mit Durchbrüchen oder mit Wanddickensprüngen bei hoher Maßhaltigkeit. Aufgrund des inneren Schmelzedruckes beim Aufschäumen kann auf Nachdruck verzichtet werden, so dass großflächige Formteile mit geringen Zuhaltekräften auf kleineren Maschinen produziert werden können. Die Reduktion der Dichte führt neben Einsparungen auf Seiten der Rohstoffkosten auch zur Verringerung des Bauteilgewichts. Verbesserte Dämmwirkung sowie erhöhte Medienbeständigkeit runden das Eigenschaftsprofil geschäumter Bauteile ab. Strukturschaumstoffe sind gekennzeichnet durch eine kompakte Außenhaut und einen geschlossenzelligen Kern.

[0004] Die Generierung eines Thermoplastschaumes erfolgt mit Hilfe von Treibmitteln, welche auf unterschiedliche Weise dem Polymermaterial zudosiert werden können und mit der Schmelze ein einphasiges Gemisch bilden. Analog zum konventionellen Spritzgießverfahren wird eine zur Füllung der Werkzeugkavität erforderliche Menge Material im Plastifizierzylinder aufgeschmolzen, im Schneckenraum unter Staudruck dosiert und anschließend mit meist hoher Geschwindigkeit in die Werkzeugkavität gespritzt. Der Staudruck verhindert die frühzeitige Expansion des gelösten Treibfluides während der Dosierphase im Plastifizierzylinder. Ausgelöst durch den Druckabbau beim Einstromen der Schmelze in das Werkzeug bilden sich Blasen durch Expansion des Treibfluides. Eine Schaumstruktur entsteht. Dabei entscheiden Art und Menge des verwendeten Treibmittels über die erreichbaren Schaumdichten und die zur Herstellung notwendige Anlagentechnik. Man unterscheidet grundsätzlich chemische von physikalischen Treibmitteln, wobei sich die Differenzierung weniger auf die Schauminitiation als vielmehr auf die Art der Dosierung bezieht.

[0005] In der Vergangenheit wurden meist chemische Treibmittel verwendet, da die Dosierung dieser Treibmittel auf einfache gravimetrische Art erfolgen kann, so dass keine aufwendige Anlagentechnik erforderlich ist. Chemische Treibmittel werden dem Polymergranulat in fester Form beigemischt und zersetzen sich bei Wärmezufuhr unter Abspaltung eines Fluides, meist Stickstoff, Kohlendioxid oder Wasser. Nachteilig sind die bei der Zersetzung anfallenden Restprodukte, welche einen Anteil von bis zu 60% haben. Sie können zur Degradation der Polymermatrix, zur Verringerung der mechanischen Eigenschaften, zu Verfärbungen im Bauteil und zur Korrosion und Verschmutzung des Werkzeugs führen. Darüber hinaus können mit chemischen Treibmitteln aufgrund der relativ geringen Gasausbeute bei der Zersetzung nur begrenzte Aufschäumgrade erzielt werden.

[0006] Fluide, welche der Polymerschmelze direkt zudosiert werden, bezeichnet man als physikalische Treibmittel. Dies können Inertgase wie Stickstoff und Kohlendioxid, ferner Kohlenwasserstoffe wie Pentan aber auch Wasser sein. Mit physikalischen Treibmitteln lassen sich deutlich höhere Aufschäumgrade erzielen. Da keine Zersetzungsprodukte anfallen, ist weder mit Verfärbungen, noch mit Werkzeugkorrosion zu rechnen.

[0007] Eine Möglichkeit, thermoplastische Schäume mit Hilfe physikalischer Treibmittel im Spritzgießprozess zu generieren ist in WO 9831521 beschrieben. Das Treibfluid wird mit Hilfe einer Gasdosierstation während der Dosierphase über mehrere Eingangsports am Plastifizierzylinder direkt in die Schmelze injiziert und anschließend über Schneckenmischteile homogenisiert. In DE 198 53 021 A1 ist ein Verfahren beschrieben, welches eine spezielle Beladungsdüse zur Treibmittelanreicherung der Schmelze vorsieht. Die vor das Plastifizieraggregat montierte Düse teilt den Schmelzestrom über einen Torpedo in eine Ringspaltsströmung auf, welche von Sintermetallflächen umgeben ist und somit eine Verbindung zur Treibmittelversorgung aufweisen. Die Beladung der Schmelze soll hierbei während der Einspritzung der Schmelze in die Werkzeugkavität unter hohem Druck erfolgen.

[0008] Statische Mischelemente haben zur Aufgabe, Mehrkomponentensysteme zu homogenisieren ohne das bewegliche Teile notwendig sind. Die Mischenergie wird dabei durch die Fluidströmung aufgebracht. Dabei kann es sich zum Beispiel um das Einmischen von Festkörpern in Flüssigkeiten oder das Vermischen und homogenisieren mehrerer Flüssigkeiten unterschiedlicher Viskosität handeln. Statische Mischer werden darüber hinaus eingesetzt, um bei der Absorption von Gasen in Flüssigkeiten eine möglichst große Stoffaustauschfläche zu generieren. Die Mischergeometrien müssen dabei den jeweiligen Stoffkombinationen und Prozessbedingungen gerecht werden.

## Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein unter Anwendung physikalischer Treibmittel homogenes Polymer/Treibmittelsystem zu generieren und zwar ohne das eine spezielle Spritzgießmaschine erforderlich ist. Die Vorrichtung wird dabei zwischen Plastifizierzylinder (5) und Verschlussdüse (6) der Spritzgießmaschine montiert. Kernstück der Erfindung bildet ein statisches Mischelement, welches in einem aus einem porösen Werkstoff bestehenden Zylinder (1) fixiert wird. Der poröse Zylinder ist von einer Druckkammer (2) umgeben, welche über eine Verbindung (7) mit einem physikalischen Treibmittel beaufschlagt wird. Der Druckraum ist in der Trennfläche zwischen Mischergehäuse und Verbindungsflansch zur Verschlussdüse mit O-Ring-Dichtungen (3) abgedichtet. Über austausch-

bare Stützhülsen (9) der zylindrischen Druckkammer (2) können verschiedene Mischelementquerschnitte realisiert werden. Die Bereitstellung des komprimierten Treibgases erfolgt dabei entweder direkt aus einer Druckgasflasche bzw. einem Versorgungstank oder mit Hilfe einer Gasdosierstation. Wird eine Gasdosierstation verwendet, so kann die Treibmittelzuführung massenstromgeregelt erfolgen. Im Falle einer Druckgasflasche wird die Konzentration des Treibfluides in der Schmelze druckabhängig mit Hilfe eines Druckbegrenzungsventils realisiert. Ein elektrisch angesteuertes Ventil regelt dabei maschinengesteuert die Zufuhr des Treibfluides zu definierten Zeiten.

[0010] Das von einer konventionellen Spritzgießmaschine aufbereitete schmelzefflüssige Polymer durchströmt das mit Hilfe von elektrischen Heizbändern (8) temperierte statische Mischelement und wird über die poröse Zylinderfläche (1) mit Treibmittel beladen. Die Anreicherung der Schmelze mit Treibmittel erfolgt aufgrund von Druck- und Konzentrationsunterschieden zunächst in der Randschicht der an der porösen Sintermetallhülse anliegenden Schmelze. Diffusionsvorgänge innerhalb der Polymerschmelze sorgen dann, abhängig von den Material- und Prozessparametern für eine Vergleichmäßigung der Sorptionskonzentrationen. Die in den Schmelzekanal hineinreichenden Stege (4) des statischen Mischer sorgen dabei für eine Umlagerung der Schmelze und eine Durchmischung des zunächst noch inhomogenen Polymer-/Treibmittelsystems während der Einspritzphase. Das ständige Aufteilen und Umlagern des Schmelzestroms vergrößert zudem die Stoffaustauschfläche und führt zu einer Verringerung der Diffusionswege.

[0011] Beim Einströmen in die Werkzeugkavität kommt es zum Druckabfall der unter Staudruck plastifizierten Schmelze, so dass die Expansion des in der Schmelze gelösten Treibfluides zum Aufschäumen des polymeren Materials führt. Vorzugsweise sind die Mischelemente modular aufgebaut. Verschiedene Durchmesser und/oder Längen ermöglichen somit eine Anpassung des Mischervolumens an das Volumen des zu spritzenden Bauteils, so dass eine Beladung der Menge Schmelze ermöglicht wird, die dem geschäumten Bauteilgewicht entspricht. Dies ermöglicht eine Beladung auch während der Dosierphase des polymeren Materials, so dass längere Diffusionszeiten zur Verfügung stehen, welches sich positiv auf die erreichbare Sorptionskonzentration und hinsichtlich einer Vergleichmäßigung von Konzentrationsunterschieden innerhalb der Beladungsvolumina auswirkt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die poröse Kontaktfläche aus Sintermetall oder einem anderen permeablen Werkstoff besteht.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die poröse Kontaktfläche von einer dichten Druckkammer umgeben ist, welche mit dem Treibfluid beaufschlagt wird.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bereitstellung des Treibfluides durch eine handelsübliche Druckgasflasche oder über eine massenstromgeregelte Dosieranlage erfolgt.

7. Verfahren zur Herstellung von geschäumten Kunststoffformteilen mit Hilfe physikalischen Treibmittel wobei der Kunststoff in einem Plastifizierzylinder geschmolzen wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Treibmittel durch ein poröses Zylinderelement gepresst wird, dass die Kunststoffschmelze mit Treibmittel in der Randschicht angereichert wird und in dem statischen Mischer durch die Stege eine mehrfache Umlagerung der Schmelze und eine Bildung eines Kunststoff-/Treibmittelgemisches erfolgt, welches bei Eintritt in die Werkzeugkavität durch die Expansion des in der Schmelze gelösten Treibfluides zum Aufschäumen des Kunststoff-Treibmittelgemisches führt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, gekennzeichnet dadurch, dass das statische Mischelement beheizt ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7, gekennzeichnet dadurch, dass die Zufuhr des Treibfluides durch ein elektrisch angesteuertes Ventil erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 7, gekennzeichnet dadurch, dass variable Durchmesser und/oder Längen des Mischelements eine Anpassung des Mischervolumens an das Volumen des zu spritzenden Bauteils erlauben.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Herstellung geschäumter Kunststoff-Formteile im Spritzgießprozess unter Verwendung eines physikalischen Treibmittels, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einbringung des Treibfluides über den Umfang eines statischen Mischelements erfolgt, welches von einer gasdurchlässigen, porösen Kontaktfläche umgeben ist und mit Treibfluid beaufschlagt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Elemente des statischen Mischteils während des Einspritzvorgangs zu einer ausgeprägten Umlagerung und Aufteilung des Polymer-/Treibmittelgemisches führen, Diffusionswege verkürzt werden und somit die Homogenisierung des Gemisches begünstigt wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das statische Mischelement zwischen Plastifizierzylinder und Verschlussdüse der Spritzgießmaschine montiert wird.

